

MENU

SEARCH

INDEX

1/1



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 06150017

(43)Date of publication of application: 31.05.1994

(51)Int.Cl.

G06F 15/72

(21)Application number: 04304077

(71)Applicant:

HITACHI LTD

(22)Date of filing: 13.11.1992

(72)Inventor:

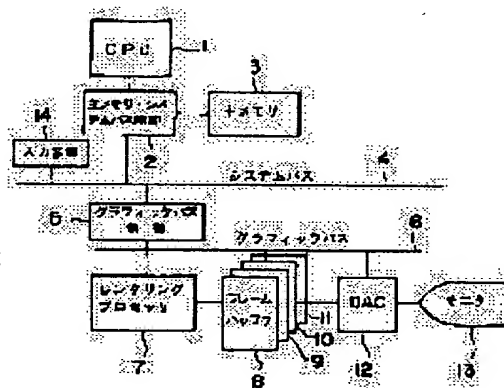
SAKAIHARA TOORU
KAWASAKI TOSHIHARU
KUWANA TOSHIYUKI

(54) THREE-DIMENSIONAL GRAPHIC DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To realize a display having an effect through mutual position relation between display graphics such as a shaded display or a logical arithmetic display of a shape with a hardwave in comparatively small scale at a high speed in the case of three-dimensional graphic display.

CONSTITUTION: A CPU 1 generates the information of position relation at the time of observing the display graphics in the direction of a light source excepting for a viewpoint, and a rendering processor 7 stores this information in an expanded Z buffer 11. In the case of really performing display from the original visualpoint, the address of the expanded Z buffer corresponding to plotting picture elements is calculated by using the address generating means of the rendering processor 7, and the information stored at this address is read out. Based on this information, the rendering processor 7 controls a plotting method and performs the shaded display or the logical arithmetic display of the shape.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998 Japanese Patent Office

MENU

SEARCH

INDEX

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-150017

(43)公開日 平成6年(1994)5月31日

(51) Int.Cl.⁶

G O 6 F 15/72

識別記号

4 8 5

室内整理番号

9192-5L

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全 18 頁)

(21)出願番号

特願平4-304077

(22)出願日

平成4年(1992)11月13日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72)発明者 酒井原 徹

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所マイクロエレクトロニクス機器開発研究所内

(72)発明者 川崎 敏治

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所マイクロエレクトロニクス機器開発研究所内

(74)代理人 弁理士 富田 和子

最終頁に続く

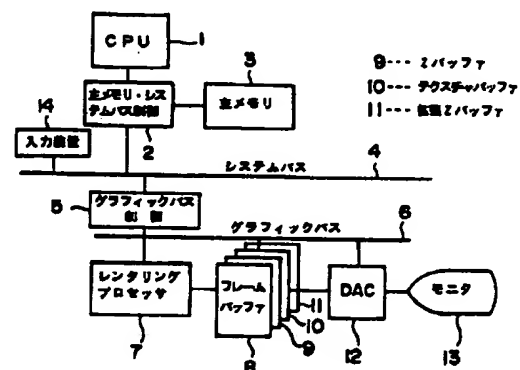
(54)【発明の名称】 三次元図形表示装置

(57) 【要約】

【目的】三次元図形表示において、影付き表示や形状の論理演算表示など表示図形の相互位置関係による表示上の効果がついた表示を比較的小規模なハードウェアで高速に実現する。

【構成】CPU1により、表示図形を視点以外の光源の方向からみた時の位置関係の情報を生成し、この情報をレンダリングプロセッサ7により拡張Zバッファ11に格納する。実際に本来の視点からの表示を行う場合には、レンダリングプロセッサ7のアドレス生成手段を用いて、描画画素に対応する拡張Zバッファのアドレスを求め、このアドレスに格納された情報を読み出す。レンダリングプロセッサ7は、この情報に基づいて描画方法を制御して、影付き表示や形状の論理演算表示を行なう。

全体ブロック図(図18)



【特許請求の範囲】

【請求項1】表示図形に関する形状の幾何学的情報、位置情報、前記表示図形に関する表面の色、輝度、模様を示す表示属性情報、光源の位置情報、および、光源の位置を視点として前記表示図形を表示する場合の光源からの位置関係を規定するための位置関係情報を含む表示図形情報を与えられて記憶する記憶装置を備え、さらに、視点の位置情報を与えられて、与えられた視点からみた表示図形に関する情報を、前記表示図形情報に対して座標変換および投影処理を行なって算出する算出手段と、算出された情報に基づいて前記表示図形を描画するための描画手段とを備える三次元図形表示装置において、前記光源からの位置関係情報を格納するバッファを備え、前記描画手段は、与えられた視点における各描画面素に対応する、前記バッファにおけるアドレスを生成するためのアドレス生成手段と、前記各描画面素に対し、前記バッファの対応するアドレスに記憶された情報と、前記算出手段により算出された情報とに基づいて、この画素への描画を制御するための描画情報を生成し、この情報に基づいて描画を制御する画素描画制御手段と、を備えることを特徴とする三次元図形表示装置。

【請求項2】請求項1において、表示図形は少なくとも2以上で、各々の図形を示す識別情報を有し、前記バッファは、前記光源からの位置関係情報として、前記光源の位置からみた場合に一番手前に見える表示図形の識別情報を格納し、前記算出手段は、各描画面素に描画すべき表示図形の識別情報を算出し、前記画素描画制御手段は、各描画面素毎に、前記バッファに記憶された図形の識別情報と、前記算出手段により算出された識別情報とを比較する比較回路と、前記比較回路により一致していないと判定された場合には前記画素を影として描画し、一致していると判定された場合には前記画素を前記光源からの光線が当たっているとして描画する、影付け表示手段と、を備えることを特徴とする三次元図形表示装置。

【請求項3】請求項2において、表示図形は少なくとも2以上で、前記少なくとも2以上の表示図形は、図形の一部が他の図形の一部と接合される図形であって、前記画素描画制御手段は、前記影付け表示手段に替えて、前記比較回路により一致していないと判定された場合には、前記画素上には前記図形が存在しないように描画し、一致していると判定された場合には、前記画素上に

前記立体図形を描画する接合図形表示手段を備えることを特徴とする三次元図形表示装置。

【請求項4】請求項1において、前記バッファは、二次元のアドレス空間であり、前記アドレス生成手段は、前記算出手段により変換された座標を入力し、線形補間する補間手段と、前記補間手段により補間された座標を、二次元のアドレスに投影する投影手段と、を備えることを特徴とする三次元図形表示装置。

【請求項5】表示図形に関する形状の幾何学的情報、位置情報、前記表示図形に関する表面の色、輝度、模様を示す表示属性情報、光源の位置情報、および、光源の位置を視点として前記表示図形を表示する場合の光源からの位置関係を規定するための位置関係情報を含む表示図形情報を与えられて記憶する記憶装置と、視点の位置情報を与えられて、与えられた視点からみた表示図形に関する情報を、前記表示図形情報に対して座標変換および投影処理を行なって算出する算出手段とを備えて、前記記憶装置および算出手段により構成される制御系と、

前記算出手段により算出された情報に基づいて前記表示図形を描画するための描画手段とを含む描画系と、を備える三次元図形表示装置において、前記描画系は、前記表示属性情報を格納するための第1のバッファと、前記位置情報のうちの奥行き情報を格納するための第2のバッファと、前記位置関係情報を格納するための第3のバッファと、前記算出手段により算出された情報と、前記第1、第2、第3のバッファに格納された情報とに基づいて画像データを生成するためのレンダリングプロセッサと、前記レンダリングプロセッサにより生成された画像データを格納するためのフレームバッファと、前記フレームバッファに格納された画像データをアナログデータに変換する変換回路と、前記アナログデータを出力するモニタとを備え、前記レンダリングプロセッサは、少なくとも、前記制御系とのデータの授受を行なうインターフェース部と、前記第1、第2、第3のバッファ、および、前記フレームバッファとのデータの授受を行なうインターフェース部と、前記算出手段により算出された情報に基づいて、各描画面素に対して、前記第1、第2、第3のバッファのアドレスを生成するアドレス生成回路と、前記第1、第2、第3のバッファの前記アドレス生成回路により生成されたアドレスに格納された情報に基づき画像データを生成する画像データ生成回路と、を備えることを特徴とする三次元図形表示装置。

【請求項6】請求項5において、
前記アドレス生成回路は、
前記第3のバッファのアドレスを生成するための手段として、
前記算出手段により算出された情報を入力し、補間処理を行なう補間回路と、除算器と、
を備え、
前記画像データ生成回路は、
前記算出手段により算出された情報と、前記第3のバッファに格納された情報とを比較する比較回路と、
前記比較回路による比較結果に基づいて、各描画面素に対し、影付け処理を行なうか否か、または、図形を描画するか否かを判定する判定回路と、
を備えることを特徴とする三次元図形表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は三次元図形の表示に係わり、特に、影付き表示や形状の論理演算付き表示など、図形相互の位置関係を考慮した表示を高速に実現する図形表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】第1の従来例として、ジェイ、チャールズ、ホーケイド他著、“アルゴリズムフォ アンチエイリアスト キャスト シャドウズ” コンピュータ&グラフィックス 第9巻 3号 (J.CHARLES HOURCADE, "ALGORITHMS FOR ANTI-ALIASEDCAST SHADOWS", Computer & Graphics Vol.9 No.3) に記述されているように、光源と描画の視点とが異なる場合に、まず、光源を視点として、隠面消去を施して描画した画像を作り、この結果の画像を参照しながら描画の視点からの描画処理を行うことにより、影を表示する方法が提案されている。

【0003】これは次の原理で影を表示しようとするものである。図10に示すように、光源100から見た時の表示図形(図形101、102)同志の前後関係を調べ、図形102の全体あるいは一部が図形101の影の中に入るかを定める。図10に示す例では、図形102の前に図形101があり、図形102の一部は図形101の影の中に入る。

【0004】表示処理手順としては、第1の処理(パス1)で、光源100から見た時の図形101、102の前後関係により、図形102が図形101の影に入るか否かを決定する。光源100を視点として描画した時、隠面消去されずに描画された部分が、光源100からの光が直接当たり、影に入っていない部分となる。この際、通常の表示のように図形の色を、表示画像のデータを記憶するフレームバッファに書き込む代わりに、図形の識別情報をフレームバッファとは別のプライオリティバッファ(P-buffer)に記憶しておく。

【0005】次に第2の処理(パス2)で、本来の視点103からの表示処理を行なう。この時には、表示図形

の各画素に対応する、上記プライオリティバッファに記憶されている図形の識別情報を取りだし、描画処理中の図形と一致しているかを判定することにより、影の中に入っているかどうか分かる。影の中に入っている場合は、輝度を低くして描画すれば良い。

【0006】しかし、この論文においては、上記の処理をソフトウェアで実現することを前提とし、方法の提案がなされているのみであり、表示に時間がかかるという問題がある。また、表示画素に対応するプライオリティバッファのアドレスの具体的な計算方法についても議論されていない。

【0007】一方、第2の従来例として、特開昭63-80377号公報記載の断面図描画装置のような技術がある。この断面図描画装置は、表示対象範囲の奥行き座標値、すなわちZ座標値を記憶しておくセクショニングバッファを設け、三次元図形表示における通常の隠面消去法であるZバッファによる隠面消去法を用いて表示処理を行なう時に、セクショニングバッファを参照することにより、描画対象画素のZ座標値が所定の範囲に入っているかを判定し、入っている場合のみ、実際の描画を行う。このようにして、所望の奥行き範囲の三次元図形を表示することを可能とし、結果として、断面を表示する装置が考案されている。

【0008】また、第3の従来例として、特開平1-200489号公報記載の三次元図形の処理装置のような技術がある。この処理装置は、Zバッファを拡張することにより、図形の断面表示、アニメーション表示、ピクおよび干渉チェックを可能にしている。

【0009】これらの装置は、表示画面に対応した下記(1)～(3)の情報、

- (1) Z座標すなわち奥行き座標値
- (2) Z座標を含む図のイメージ情報
- (3) 図形の識別情報

と、これらの情報を記憶する拡張Zバッファと呼ぶべきバッファを設け、このバッファに記憶している情報を用いることより、上記機能を有する表示を可能としている。

【0010】さらに、第4の従来例として、高木 伸滋著、“ビジュアリゼーションに性能を発揮するPOWER VISIONの新技术”(日経CG1990年8月号、146～157ページ)に記述されているような技術がある。この技術は、Zバッファよりも優先度の高いステンシルプレーンを設けることにより、表示上の乱れを防止している。すなわち、描画処理におけるZ座標値の補間の誤差により、いわば台紙となる多角形面上に別の多角形を表示する際に、台紙上に表示されるべき、多角形の一部あるいは全部が台紙に隠れてしまうという問題を解決している。また、形状の論理演算を実行しながら表示することも可能としている。

【0011】これらの第2の実施例から第4の実施例に

おいては、いずれも、表示画面と上記拡張Zバッファとはそのまのイメージで対応していることを想定している。すなわち、表示画面上のあるアドレスの画素に対応する拡張Zバッファ上の画素は、拡張Zバッファ上の同一アドレスとなることを想定している。しかし、先に説明した影付け表示用のプライオリティバッファとして拡張Zバッファを使用しようとしても、表示画面と拡張Zバッファとのアドレス対応が固定であるので、使用できない。

【0012】また、第5の従来例として、マークシーガル他、“ファースト シャドウズ アンド ライティング イフェクト ユージング テクスチャ マッピング”(コンピュータグラフィックス第26巻2号、1992年7月(Mark Segal, "FastShadows and Lighting Effects Using Texture Mapping", Computer Graphics, Vol.26, No.2, July 1992))に記載されているようにテクスチャマッピング機能を用いて、影付け、スポットライト表現およびスライドの映写表現を実現する装置が考案されている。テクスチャマッピングの基本は、表示画素の輝度に対して、対応するテクスチャデータ値により変化を加える処理を行うことである。

【0013】一方、拡張Zバッファを用いる方法では、対応する拡張Zバッファ上の値により、描画対象画素の描画を止めることも可能であり、形状の論理演算付き表示のために、図形に所望の穴を開けて、表示することも出来る。このように、テクスチャマッピング機能を用いる場合、拡張Zバッファを用いる方法に比較して可能な表示機能の範囲が狭いという問題がある。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上記のような第1の従来例においては、影付け表示をソフトウェアにより実現しているため、表示に時間がかかるという問題がある。一方、第2から第4の従来例においては、表示画面と拡張Zバッファとのアドレス対応が固定で、影付けには用いられないという問題がある。また、第5の従来例においては、形状の論理演算付き表示が実現できず、機能の幅が狭いという問題がある。

【0015】また、断面表示や影付けなど、様々な表現を可能とする三次元図形表示装置を実現するためには、拡張Zバッファやプライオリティバッファを別々に設けたとしても、ハードウェアの規模が増大するという問題がある。

【0016】本発明の目的は、上記拡張Zバッファ機能とプライオリティバッファ機能を統合し、コンパクトなハードウェアにより、従来の断面表示に加えて高速な影付け表示および形状の論理演算付き表示を可能とする三次元図形表示装置を実現することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】表示図形に関する形状の幾何学的情報、位置情報、前記表示図形に関する表面の

色、輝度、模様を示す表示属性情報、光源の位置情報、および、光源の位置を視点として前記表示図形を表示する場合の光源からの位置関係を規定するための位置関係情報を含む表示図形情報を与えられて記憶する記憶装置を備え、さらに、視点の位置情報を与えられて、与えられた視点からみた表示図形に関する情報を、前記表示図形情報に対して座標変換および投影処理を行なって算出する算出手段により求め、算出された情報に基づいて前記表示図形を描画するための描画手段とを備える三次元図形表示装置において、光源からの位置関係情報を格納するバッファを備え、描画手段は、与えられた視点における各描画画素に対応する、前記バッファにおけるアドレスを生成するためのアドレス生成手段と、各描画画素に対し、前記バッファの対応するアドレスに記憶された情報と、算出手段により算出された情報とに基づいて、この画素への描画を制御するための描画情報を生成し、この情報に基づいて描画を制御する画素描画制御手段とを備えることができる。

【0018】また、表示図形は少なくとも2以上で、各々の図形を示す識別情報を有し、前記バッファは、光源からの位置関係情報として、光源の位置からみた場合に一番手前に見える表示図形の識別情報を格納し、算出手段は各描画画素に描画すべき表示図形の識別情報を算出し、画素描画制御手段は、各描画画素毎に、前記バッファに記憶された図形の識別情報と、算出手段により算出された識別情報とを比較する比較回路と、この比較回路により一致していないと判定された場合には画素を影として描画し、一致していると判定された場合には画素を光源からの光線が当たっているとして描画する影付け表示手段とを備えることもできる。

【0019】さらに、表示図形は少なくとも2以上で、少なくとも2以上の表示図形は、図形の一部が他の図形の一部と接合される図形であって、画素描画制御手段は、影付け表示手段に替えて、比較回路により一致していないと判定された場合には、画素上には立体図形が存在しないように描画し、一致していると判定された場合には、画素上に図形を描画する接合図形表示手段を備えることもできる。

【0020】さらに、前記バッファは二次元のアドレス空間であり、アドレス生成手段は、算出手段により変換された座標を入力し線形補間する補間手段と、補間手段により補間された座標を二次元のアドレスに投影する投影手段とを備えることもできる。

【0021】

【作用】パス1で、先に述べたように拡張Zバッファに図形が影の中に入っているか否かを示す情報を作成する。すなわち、光源を視点として、拡張Zバッファへ図形を描画する。この時、Zバッファ法による隠面消去を行ない、光源からみて手前にある図形の図形識別情報を書き込む。

【0022】バス2で、本来の視点から見た、図形、すなわち多角形の描画を行う。この時、この多角形の頂点に対応する拡張Zバッファの同次座標系での座標を計算する。多角形内の画素描画処理において、前記拡張Zバッファアドレス生成機構を用いて、描画対象画素の拡張Zバッファの同次座標系上座標を前記頂点の値から補間で求め、求めた同次座標系の値を、バースペクティブデバインド処理により、拡張Zバッファの二次元のアドレス、拡張Zバッファアドレスに変換する。この画素に対応する拡張Zバッファの内容が自多角形を示していれば、光源からの光がこの多角形に直接照っていることを示しており、影となっていない場合の輝度で描画する。拡張Zバッファの内容が自多角形と異なっている場合には、他の多角形の影になっており、影の輝度で描画する。このような手順で影付の表示が可能となる。

【0023】また、形状の論理演算付き表示としては、たとえば、表示対象図形に他の図形が組み合わされ、表示対象図形が、他の図形の部分により切り取られる場合が考えられる。たとえば、図12(a)に示すように、2つの円筒1、2が互いに接合する場合、円筒1から接合部が切り取られて表示される。図12(c)に示すように、円筒1においては、円筒2が入る丸い穴110が作られて表示される。

【0024】この穴110の開いた円筒形を円筒1として定義しなおしても良いが、再定義に時間がかかり、また、図形定義も複雑になるので、この状態の円筒1を、穴の無い円筒1の図形定義のままて表示することを考える。

【0025】ここで、円筒1から切り取られる部分は、円筒2の断面111を円筒1に投影した部分となる。このように、表示対象図形において切り取られる部分は、他の図形のある部分を表示対象図形に投影した部分となることが多い。

【0026】切り取られる部分は、図12(b)に示すように、仮想的に投影方向からの光線を考えた場合に、この光線により円筒2の断面の影となる部分となる。このようにして、形状の論理演算を影付けの問題に変換することが出来る。影の部分を描画しなければ、この部分を切り取った表示が可能である。

【0027】この方法においては、投影される断面の影となる部分をすべて切り取ると、円筒2が円筒1を貫通してしまうという問題があるが、円筒1を円筒2とが接合する可能性のある部分とそうでない部分とに分け、可能性の有る部分でのみ、上記処理を行い、明らかに接合しない部分は通常の表示を行えば良い。

【0028】なお、一般的な三次元表示処理手順、Zバッファによる隠面消去、DDA、同次座標系、バースペクティブデバインドおよび形状の論理演算については、フォーリー他著、コンピュータグラフィックス アディソン・ウェスリ パブリッシング カンパニ 1990年

刊 (James D. Foley, "Computer Graphics", Addison-Wesley Publishing Company, 1990)を参照されたい。

【0029】

【実施例】以下、本発明の実施例を図1から図13を用いて説明する。

【0030】図13に、本発明を実現するシステムの全体構成を示す。

【0031】このシステムは、CPU1、主メモリ・システムバス制御2、主メモリ3、システムバス4、グラフィックバス制御5、グラフィックバス6、レンダリングプロセッサ7、フレームバッファ8、Zバッファ9、テクスチャバッファ10、拡張Zバッファ11、DAC12、モニタ13、キーボード・マウス等の入力装置14から構成される。

【0032】システムバス4には、主メモリ・システムバス制御2、グラフィックバス制御5、入力装置14が接続される。バス制御2には、CPU1、主メモリ3が接続される。バス制御5には、グラフィックバス6を介して、レンダリングプロセッサ7、バッファ類(フレームバッファ8、Zバッファ9、テクスチャバッファ10、拡張Zバッファ11)、DAC12が接続される。また、プロセッサ7とバッファ類、バッファ類とDAC12とが接続され、DAC12にはモニタ13が接続される。

【0033】CPU1は、三次元図形表示のために、座標変換、クリッピング、輝度計算などの表示処理や、レンダリングプロセッサ7やフレームバッファ8、Zバッファ9、テクスチャバッファ10、拡張Zバッファ11、DAC12(Digital-to-Analog Convertor)の制御などシステム全体の制御を行う。

【0034】主メモリ・システムバス制御2は、CPU1の主メモリ3へのアクセスの制御およびシステムバス4の制御を行う。システムバス4は、CPU1および主メモリ3とグラフィックバス制御5との間で、データや制御信号の転送を行う。また、その他の入出力装置(図示せず)と、CPU1、主メモリ3とを接続する。

【0035】グラフィックバス制御5は、CPU1および主メモリ3間で、データや制御信号の授受を行う他、グラフィックバス6を制御する。グラフィックバス6は、グラフィックバス制御5経由して、CPU1、主メモリ3とレンダリングプロセッサ7、バッファ類(フレームバッファ8、Zバッファ9、テクスチャバッファ10、拡張Zバッファ11)およびDAC12間で、データや制御信号を転送する。レンダリングプロセッサ7は、CPU1からの指示により、フレームバッファ8に線分等を描画する。フレームバッファ8は、モニタ13に表示する画像を記憶する。Zバッファ9は、隠面消去のために用いられる。テクスチャバッファ10は、テクスチャマップするテクスチャデータを記憶する。拡張Zバッファ11は、本発明の中核をなすもので、従来技術

10

20

30

40

50

に示した拡張Zバッファやプライオリティバッファのように断面のZ座標値や影付けのための図形の相互位置に関する情報を記憶する。DAC12は、フレームバッファ8から所定の周期でフレームバッファ上の画像情報(デジタル情報)を読みだし、アナログ情報に変換してモニタ13に送り、表示する。

【0036】多角形の影付け表示処理手順を図1、図2に示す。

【0037】図1に、第1の処理(パス1)、すなわち、拡張Zバッファ11へ、図形が他の図形の影の中に入っているかを示す情報を作成する処理の手順のフローチャートを示す。

【0038】この処理は、大半がCPU1により実行されるが、ステップ203の処理ではCPU1がシステムバス4、グラフィックバス6を経由してレンダリングプロセッサ7にコマンド処理パラメータを送り、レンダリングプロセッサ7にて実際の処理がなされる。

【0039】ステップ200においては、光源位置を視点とした、多角形の頂点座標の座標変換処理が行われる。ステップ201においては、この多角形が表示範囲の外にあるかどうかを判定し、もし外にあれば、以降の処理を行わない。多角形の一部が外にある場合には、外に出ている部分を切り取る処理(クリッピング処理)が行われる。ただし、この時、表示範囲の外であっても、いわゆる前面クリップは行わず、光源に近い図形は残し、これらの影が表示範囲内の図形に反映されるようにする。

【0040】ステップ202においては、画面の座標系変換された多角形を、多角形内の水平線分、すなわち、スパンに分解する。

【0041】ステップ203においては、このスパンを拡張Zバッファ11に描画する。この時、Zバッファ10を用いて隠面消去を行ない、図形識別番号を描画する。

【0042】ステップ204においては、全スパンの描画を終了したかを判定し、終了していなければ、ステップ203の処理を繰り返す。

【0043】第2の処理(パス2)、すなわち、本来の視点(描画の視点)から図形の描画を行なう処理の手順を示すフローチャートを、図2に示す。

【0044】図2(a)に、パス2のうちの、影の中に入っていない部分の描画処理(パス2-1)の手順を示す。この処理は、パス1と同様に、大半がCPU1にて処理されるが、ステップ215の処理では、CPU1がレンダリングプロセッサ7にコマンド処理パラメータを送り、レンダリングプロセッサ7にて実際の処理がなされる。

【0045】ステップ210においては、本来の視点位置での多角形の頂点座標および頂点法線ベクトルの座標変換処理が行われる。ステップ211においては、光源

情報、すなわち、光源からの光と、光源以外のバックグラウンドからの光である周囲光の色と強度、反射係数および法線ベクトルを用いて、光の反射式による輝度計算が行われる。

【0046】ステップ212においては、前記多角形の頂点に対応する、拡張Zバッファ11の同次座標系の座標値が計算される。これは、パス1での座標変換とパス2-1での座標変換とから求めることができる。この詳細は後に説明する。

【0047】ステップ213においては、前記多角形において表示範囲の外に出た部分を切り取る処理(クリッピング処理)が行われる。

【0048】ステップ214においては、先に述べたように多角形をスパンに分解する。描画すべきスパンの端点の情報、すなわち、両端点のフレームバッファの座標、拡張Zバッファの座標、テクスチャマッピングを行なう場合はテクスチャバッファの座標および光の反射によるRGB輝度を、それぞれの頂点の値から線形補間で求める。

【0049】またDDAのためのRGB輝度増分、Z座標増分、拡張Zバッファ座標増分およびテクスチャ座標増分を求める。

【0050】ステップ215においては、これらスパンに関する情報と、描画対象図形識別番号および、影の場合に描画しないモードであることをレンダリングプロセッサ7に設定した後、スパン描画を行なう。すなわち、スパンのうち、影の中でない部分は光源からの光が当たった輝度で描画され、影の部分は描画されない。

【0051】ステップ216においては、全スパンの描画が終了したかを判定し、終了していない場合は、ステップ215へ戻り、処理を繰り返す。

【0052】このように、多角形の描画面素毎に、拡張Zバッファ11に記憶されている図形識別番号と描画中の図形識別番号とを比較し、一致しないとき、すなわち、影の中の場合は、描画されないことになる。

【0053】図2(b)に、パス2のうちの、影の中に入っている部分の描画処理(パス2-2)の手順を示す。

【0054】パス2-1の処理手順とほぼ同一であるが、ステップの輝度計算では、影の中の場合の輝度を計算する。即ち、光源からの光は考慮せず、バックグラウンドの光であるいわゆる周囲光だけで輝度を計算する。

【0055】また、ステップ225においては、影に入っている場合、すなわち、前記多角形の図形識別番号と、拡張Zバッファ11の該当するアドレスに記憶されている値とが異なっている場合に、その画素を描画するモードをレンダリングプロセッサ7に設定して、スパン描画を行なうようにする。

【0056】このようにすることにより、影の中に入っている場合は周囲光だけの輝度で、影の中に入っていない

い場合は光源と周囲光と両方による輝度で、描画することが可能になる。

【0057】これらの処理、すなわち、座標変換、クリッピング処理、シェーディング処理、多角形をスパンに分解して描画すること、Zバッファによる隠面消去に関しては、三次元図形表示処理では広く一般的に行われていることであり、詳細に関しては、前記フォーリ他による著書を参照されたい。

【0058】次に、多角形頂点および描画面素に対応する拡張Zバッファアドレスの計算方法について、図10を用いて説明する。

【0059】まず、本来の視点での表示における座標変換は、次の手順で行われる。モデリング座標系MCで定義された図形は、世界座標系WC、ビューイング座標系VRC、正規化投影座標系NPC、スクリーン座標系SCに変換され、最後にパースペクティブデバインド (Perspective Divide) により表示画面に対応するデバイス座標系DCに変換される。デバイス座標系に変換されるまでは、同次座標系で変換処理がなされる。

$$[x_{ez}, y_{ez}, z_{ez}, w_{ez}] = [x_s, y_s, z_s, w_s] * M_{sz} \quad \text{…式 (1)}$$

ここで、デバイス座標系DC (X_d, Y_d, Z_d) は、スクリーン座標系SC (x_s, y_s, z_s, w_s) より次のように求められる。

$$[0063] X_d = x_s / w_s \quad \text{…式 (2)}$$

$$[x_{ez}, y_{ez}, z_{ez}, w_{ez}] = [X_d, Y_d, Z_d, 1] * M_{sz} \quad \text{…式 (5)}$$

すなわち、デバイス座標系DC (X_d, Y_d, Z_d) から拡張Zバッファ座標系EZC ($x_{ez}, y_{ez}, z_{ez}, w_{ez}$) に線形に変換される。

【0064】すなわち、デバイス座標系DC上のスパン上の画素が一画素ずれた場合、画素の位置によらず、一定の値だけ拡張Zバッファ座標系EZCがずれることになり、DDAによりスパン上の画素に対応する拡張Zバッファ座標が計算できることになる。先に述べたようにこの拡張Zバッファ座標系EZCに、パースペクティブデバインド (Perspective Divide) を施すことにより、拡張デバイス座標系EDC (U, V, W) に変換される。

$$[0065] U = x_{ez} / w_{ez} \quad \text{…式 (6)}$$

$$V = y_{ez} / w_{ez} \quad \text{…式 (7)}$$

$$W = z_{ez} / w_{ez} \quad \text{…式 (8)}$$

従って、上記の図2 (a) のステップ212、および、図2 (b) のステップ222においては、多角形の頂点に対応する、拡張Zバッファ座標 (EZC座標) を計算すれば良い。

【0066】以下、レンダリングプロセッサ7における線分描画処理について詳細に説明する。

【0067】図1に示したレンダリングプロセッサ7の全体ブロック図を、図3に示す。

【0068】グラフィックバスインタフェース71は、グラフィックバス6とレンダリングプロセッサ7とを結

* 【0060】一方、光源を視点とする場合は、モデリング座標系MCで定義された図形は、世界座標系WC、照明座標系LC、正規化投影照明座標系NPLC、拡張Zバッファ座標系EZCに変換され、最後にパースペクティブデバインド (Perspective Divide) により拡張Zバッファに対応する拡張デバイス座標系EDCに変換される。本来の視点による表示と同様に、拡張デバイス座標系EDCに変換されるまでは、同次座標系で変換処理がなされる。

【0061】ここで、スクリーン座標系SCから拡張Zバッファ座標系EZCへの変換を考えると、スクリーン座標系SCから世界座標系WCへ逆変換し、その後、世界座標系WCから拡張デバイス座標系EDCに変換すればよい。この変換は、 4×4 のマトリクス M_{sz} により表される。すなわち、スクリーン座標系SCの点 (x_s, y_s, z_s, w_s) はマトリクス M_{sz} により拡張Zバッファ座標系EZC ($x_{ez}, y_{ez}, z_{ez}, w_{ez}$) に変換される。

* 【0062】

$$* Y_d = y_s / w_s \quad \text{…式 (3)}$$

$$Z_d = z_s / w_s \quad \text{…式 (4)}$$

ここで、 $w_s = 1$ に固定すると、式 (1) はつぎの式 (5) のようになり、

合する。シーケンサ72は、DDA部73で発生する画素の数の管理などを行ない、レンダリングプロセッサ7の動作を制御する。

【0069】DDA部73は以下の値を計算する。

(1) 該当スパン上の画素のデバイス座標系DC (X_d, Y_d, Z_d) 座標値。

(2) 輝度 (R, G, B, α 、すなわち、RGB輝度および不透明度を示す α)。

(3) 拡張デバイス座標 (U, V, W)、ここでは U, V のみを使用し、これらを拡張Zバッファアドレス (U, V) と呼ぶこととする。

(4) テクスチャ座標 (s, t)。

【0070】ソースバッファ75には、テクスチャバッファ10および拡張Zバッファ11の該当アドレスの値が取り込まれる。

【0071】輝度ブレンド部74は、DDA部73からのRGB輝度とソースバッファ75に取り込まれている該当テクスチャデータを混合する。この結果は、該当ディスプレイネーションバッファ76、フレームバッファインターフェース77経由でフレームバッファ8の該当アドレスに書き込まれる。また、輝度ブレンド部74は、Zバッファ9および拡張Zバッファ11の更新値を生成し、それぞれに書き込む。

【0072】また、輝度ブレンド部74は、拡張Zバッ

ファ11に記憶されている値と指定された値とを比較して、この結果により、描画を抑止したり、RGB輝度を減衰させたりすることができる。例えば、拡張Zバッファ11に記憶されている図形識別番号と描画中の図形の識別番号とを比較し、一致したら描画を行い、不一致ならば描画を行わない制御を行うことができる。この比較方法、および比較結果による処理の選択および拡張Zバッファ11の更新処理について、図7から図9の表に示す。詳細は後に説明する。

【0073】また、必要ならば、混合により得られた値と、フレームバッファ8の書き込み箇所の書き込み前の値とを加算するなどの演算を施して書き込むこともできる。

【0074】デスティネーションバッファ76は、輝度ブレンド部74の出力をフレームバッファ8、Zバッファ9、拡張Zバッファ11へ書き込むためのバッファとして使用される。この他、描画対象画素の書き込み前のフレームバッファ8やZバッファ9の値を保持する。

【0075】フレームバッファインタフェース77は、DDA部73から画素座標(X_d , Y_d , Z_d)により、フレームバッファ8およびZバッファ9の該当する箇所の値を、デスティネーションバッファ76に取り込む。また、デスティネーションバッファ76内の輝度あるいはZ座標を、フレームバッファ8あるいはZバッファ9の該当箇所に書き込む。

【0076】また、フレームバッファインタフェース77は、DDA部73から出力されるテクスチャ座標(s , t)によりテクスチャバッファ10の該当アドレスの値、拡張Zバッファアドレス(U , V)により拡張Zバッファ11の値を読みだし、ソースバッファ75に取り込む。

【0077】以降に、レンダリングプロセッサ7の各部の詳細構成を説明する。

【0078】図4に、DDA部73のブロック図を示す。

【0079】DDA部73は、(1) $X_d Y_d$ 用DDA731、(2) $s t$ 用DDA732、(3) Z_d 用DDA733、(4) RGB α 用DDA734、(5) $x_{ez} y_{ez}$ 用DDA735、(6) w_{ez} 用DDA736、(7) 乗算器737および(8) 逆数演算器738からなる。これらはそれぞれ、(a) 発生画素座標計算のため、(b) マッピングするテクスチャのテクスチャ座標発生のため、(c) 発生画素のZ座標発生のため、(d) RGB α (RGB輝度および透明度を示す α 値) 計算のため、(e) 上記 $x_{ez} y_{ez}$ 用DDA735から逆数演算器738は拡張Zバッファアドレス、すなわちUV座標計算のために用いられる。ここで、上記 $x_{ez} y_{ez}$ 用DDA735から逆数演算器738が、先に述べた拡張Zバッファアドレス生成機構の一実現例にあたる。

【0080】ここで、特にUV座標の計算において、

拡張Zバッファ座標系EZC (x_{ez} , y_{ez} , z_{ez} , w_{ez})のうちの x_{ez} , y_{ez} , w_{ez} がDDAにより線形補間で求められ、発生画素毎に除算を実行して拡張ZバッファアドレスUVを計算するため、透視変換の非線形性による誤差を生じないことに注意されたい。

【0081】このようにして、スパン描画に必要となる各画素に関する各種座標および輝度情報が生成されることが分かる。

【0082】図5に、輝度ブレンド部74のブロック図を示す。

【0083】輝度ブレンド部74は、テクスチャ合成部741、 α ブレンド部742、ラスタオペレーション部743、Z比較部744および拡張Z判定部745からなる。

【0084】テクスチャ合成部741では、ソースバッファ75 (図3参照) からのテクスチャデータと、DDA部73 (図3参照) からのRGB α 輝度を所定の方法により混合し、 α ブレンド部742に送る。

【0085】 α ブレンド部742では、いわゆる α ブレンドを行う。すなわち、書き込もうとするRGB α 輝度と、フレームバッファ8 (図13参照) に記憶されていたRGB α 輝度とを、 α 値により定まる割合で混合する。また、影の中にある部分を暗く表示するための他、拡張Zバッファのサンプリングによるエイリアス (不自然なギザギザ状の表示) を軽減するためのフィルタリング機能を実現するため、拡張Z判定部745の指示により、輝度を減衰させる。このフィルタリング機能については後に説明する。

【0086】ラスタオペレーション部743は、いわゆるラスタオペレーション処理を行う。また、隠面除去のためにZ比較器744の出力を、影付けなど拡張Zバッファ11を用いた処理のために拡張Z判定部745の出力を用いて、画素の書き込みを止める処理を行う。

【0087】Z比較器744は、DDA部73で生成されたZ座標値とZバッファ9 (図13参照) に記憶されているZ座標とを比較し、所定の条件が満足されない場合は、ラスタオペレーション部743に画素の書き込みの抑止を指示する。

【0088】拡張Z判定部745は、CPU1 (図13参照) より設定された指定拡張Z値 (図形識別番号) と拡張Zバッファ11 (図13参照) の値を比較し、この結果により、ラスタオペレーション部743に画素の書き込みの抑止を指示したり、 α ブレンド部742に輝度の減衰を指示する。

【0089】図6に、拡張Z判定部745の詳細構成を示す。拡張Z判定部745は、指定拡張Z値と拡張Zバッファ11上の値 (すなわち拡張Z値) とを比較する拡張Z値比較部7453、この比較結果をフィルタリング (後に詳述する) する比較結果フィルタ7452、および、フィルタリングされた比較結果によりラスタオペレ-

ション部743 (図5参照)あるいはαブレンド部742に指示を出す処理判定部7451から成る。

【0090】拡張Z値比較部7453は、比較方法を定める比較モードレジスタ7453a、拡張Zバッファの更新方法を定める更新モードレジスタ7453b、指定拡張Z値を保持する指定拡張Z値レジスタ7453cを含む。

【0091】拡張Z値比較部7453の機能の詳細は、比較モードについては図7の表、更新モードについては図9の表に示すとうりである。図8の表に判定モードを示す。

【0092】比較モードにおいては、指定拡張Z値と拡張Zバッファ上の値との大小関係を調べ、比較モードで指定した条件が成立しているかを判定する。この結果、すなわち、条件成立の場合は“1”、不成立の場合“0”の値を、ここでは条件成立値と呼ぶことにする。この条件成立値を比較結果フィルタ7452に送る。なお、比較モードには常には成立および常に不成立モードも設けてある。

【0093】更新モードにおいては、次の場合毎に拡張Zバッファの更新処理を定める。(1)拡張Z値比較条件不成立。(2)拡張Z値比較条件成立かつZバッファ比較不成立。(3)拡張Z値比較条件成立かつZバッファ比較条件成立。ここで、Zバッファ比較条件とは、いわゆる隠面消去のためのもので、描画しようとする画素のZ値と、Zバッファに記憶されているz値とを比較して、描画すべきと判定されたとき成立とする。

【0094】更新モードとしては、そのままの値で残す、0クリアする、指定拡張Z値とする、1だけ加える、1だけ差し引く、および、ビット反転するの6つのモードを設ける。

【0095】比較結果フィルタ7452は、エイリアス防止のため、フィルタリングモードレジスタ7452aに設定されたモードにより、条件成立値のフィルタリング処理を行う。ここでは、フィタリングを行わないモードと、いわゆるパーセンテージクローザフィルタリングを行うモードとを設ける。パーセンテージクローザフィルタリング (Percentage closer filtering)は、描画面素に対応する拡張Zバッファアドレスの近傍の複数の拡張Zバッファ画素との比較を繰り返し行い、条件が成立した割合で処理を判定するものである。

【0096】ここでは、近傍の複数の拡張Zバッファ画素での平均、あるいは、拡張Zバッファアドレスと近傍の拡張Zバッファ画素との中心との距離の近さを重みとした、条件成立値の加重平均をとっても良い。後者の詳細を、図11を用いて説明する。ここで、Pは拡張Z *

$$\alpha = I_f * \alpha_t + (1 - I_f) * \alpha_n$$

ここで、*は乗算を示す。

【0102】以上説明した三次元図形表示装置により、影付け表示処理が実行されることを、再度図1、図2の

* バッファの画素、画素中央の丸は画素中心を示す。Q (U, V) は、DDA部73 (図3参照) から出力された拡張Zバッファアドレスが指す点を示している。Q (U, V) の最隣接画素P_{ij} (の中心) からの偏差をp (水平方向), q (垂直方向) とし、隣接4画素の条件成立値をそれぞれ、I_{ij}, I_{i,j+1}, I_{i-1,j}, I_{i-1,j+1}とすると、フィルタリング結果の条件成立値Iは、図11の式(9)に示したものとなる。

【0097】パーセンテージクローザフィルタリング (Percentage closer filtering)については、ウィリアム ティ リーブス他、"レンダリング アンチエイリアストシャドウズ ウィズ デプス マップス"、コンピュータ グラフィックス、第21巻、4号、1987年 (William T. Reeves, "Rendering Antialiased Shadows with Depth Maps", Computer Graphics, Vol.21, No.4, 1987)を参照されたい。

【0098】図6に戻ると、処理判定部7451は、CPU1により設定された判定モードレジスタ7451aの内容と、比較結果フィルタ7452の出力の条件成立値により処理の判定を行う。この判定結果により、αブレンド部742 (図5参照) に対しては輝度減衰値を、ラスタオペレーション部743 (図5参照) に対しては描画抑止指示を送出する。図8の表に示したとうり、拡張Z値判定モードとしては、抑止モードと変調モードとを設ける。

【0099】抑止モードでは、拡張Z値条件比較が不成立の場合には描画を抑止する。成立時には描画を許すが、Z比較器744 (図5参照) でのZ値比較結果により、描画が抑止されている時は、これに従う。フィルタリング有の場合は、フィルタリングして得られた条件成立値が、判定閾値レジスタ7451bの値より不成功側にある時、描画を抑止する。

【0100】変調モードでは、フィルタリングなしの場合、拡張Z値条件比較が成立時には変調値レジスタ7451cの値が、不成立時には変調レジスタ7451dの値がαブレンド部742 (図5参照) に送られて、これらの値により、テクスチャ合成部741の出力輝度が変調、すなわち、乗じられる。

【0101】フィルタリング有の場合は、フィルタリング出力の条件成立値で変調値レジスタ7451cの値と変調値レジスタ7451dの値とを混合した値で、輝度の変調を行う。すなわち、フィルタリング出力の条件成立値をI_f、変調値レジスタ7451cの値α_t、変調レジスタ7451dの値α_nとすると、式(10)に示したα値をαブレンド部742に送り、輝度を変調する。

…式(10)

フロチャートを用いて説明する。

【0103】図1のフロチャートにおいて、パス1の処理ステップ203においては、レンダリングプロセッサ

7に対して次のようにパラメータを設定すれば良い。

【0104】DDA部73(図3参照)には、描画スパンの両端の座標など、先に述べたスパンに関する一連のパラメータを設定する。

【0105】Z比較器744(図5参照)には、隠面消去指定を設定する。

【0106】拡張Z判定部745には、下記パラメータを設定すれば良い。

(1) 比較モードレジスタ7453(図6参照)に“A Y”(図7参照)、すなわち、常に成立を設定。

(2) 更新モードレジスタ7453bに対して、Zバッファ比較および拡張Zバッファ比較条件が成立の場合は“replace”、指定拡張Z値を拡張Zバッファに書き込むモードに、その他の場合は“keep”を設定。

(3) 描画対象多角形の図形識別番号を、指定拡張Z値レジスタ7453cに設定。

(4) フィルタモードレジスタ7452aに“フィルタなし”を設定。

(5) 判定モードレジスタ7451aに“抑止モード”を設定。

【0107】以上のようにレンダリングプロセッサ7を制御することにより、先に述べたように、拡張Zバッファ11に隠面消去を実行しながら、書き込み値を図形識別番号として、対象スパンを描画することができる。

【0108】図2(a)に示すパス2-1においては、処理ステップ215において、レンダリングプロセッサ7に対して次のようにパラメータを設定すれば良い。

【0109】DDA部73には、描画スパンの両端の座標や、影でない場合の輝度など、先に述べたスパンに関する一連のパラメータを設定する。

【0110】Z比較器744には、隠面消去指定を設定する。

【0111】拡張Z判定部745には、次のパラメータを設定する。

(1) 比較モードレジスタ7453aに“EQ”(図7参照)、すなわち、一致時に成立を設定。

(2) 更新モードレジスタ7453bに対して、全ての場合に“keep”を設定。

(3) 描画対象多角形の図形識別番号を指定拡張Z値レジスタ7453cに設定。

(4) フィルタモードレジスタ7452aに、“フィルタなし”を設定。

(5) 判定モードレジスタ7451aに、“抑止モード”を設定。

【0112】以上のようにレンダリングプロセッサ7を制御することにより、先に述べたように、フレームバッファ8に隠面消去を実行しながら、影の中に入らない部分への書き込み値として影でない場合の輝度で、対象スパンを描画することができる。

【0113】図2(b)に示すパス2-2においては、

処理ステップ225において、レンダリングプロセッサ7に対して次のようにパラメータを設定すれば良い。

【0114】DDA部73には、描画スパンの両端の座標や影の中の輝度など、先に述べたスパンに関する一連のパラメータを設定する。

【0115】Z比較器744には、隠面消去指定を設定する。

【0116】拡張Z判定部745には、次のようにパラメータを設定すれば良い。

(1) 比較モードレジスタ7453に“NE”、不一致時に成立を設定。

(2) 更新モードレジスタ7453bに対して、全ての場合に“keep”を設定。

(3) 描画対象多角形の図形識別番号を指定Z値レジスタ7453cに設定。

(4) フィルタモードレジスタ7452aに“フィルタなし”を設定。

(5) 判定モードレジスタ7451aに“抑止モード”を設定。

【0117】以上のようにレンダリングプロセッサ7を制御することにより、先に述べたように、フレームバッファ8に隠面消去を実行しながら、影の中の部分への書き込み値として影の中の場合の輝度で、対象スパンを描画することができる。

【0118】なお、フィルタリングを行う場合は、フィルタモードレジスタ7452aに“パーセテージクローズフィルタ”を指定し、判定モードレジスタ7451aに“変調モード”を指定し、変調値レジスタ7451cに“1”、変調レジスタ7451dに“0”を設定し、パス2-1の描画結果の画像と、パス2-2の結果とを重ね合わせれば良い。

【0119】また、次のようにすることにより、パス2-1とパス2-2とを一度に実行し、簡易な影付け表示を実現することも可能である。すなわち、パス2-1において、拡張Z値判定部745を次のように設定して実行する。

(1) 比較モードレジスタ7453に“EQ”、すなわち一致時に条件成立を設定する。

(2) 更新モードレジスタ7453bに対して、全ての場合に“keep”を設定する。

(3) 描画対象多角形の図形識別番号を、指定拡張Z値レジスタ7453cに設定する。

(4) フィルタモードレジスタ7452aに、“フィルタなし”、あるいは、“パーセテージクローズフィルタ”を設定する。

(5) 判定モードレジスタ7451aに、“変調モード”を設定する。

(6) 変調値レジスタ7451cに“1”を設定する。

(7) 変調レジスタ7451dに、影の中の場合の輝度減衰値、たとえば、“0.3”を設定する。

【0120】ただし、この場合、影の中の輝度は、光源からの光が当たっているとした輝度を一定の割合で減衰させたものであり、本来の周囲光だけによるの輝度とは異なる。

【0121】一方、影付け以外に拡張Zバッファを用いることができる。例えば、先にのべたように、円筒形の胴の部分に別の円筒が組み合わされる穴を明けて表示する場合は、図12に示すように、組み合わされる円筒の長手軸方向からの平行光源による円筒の断面の影の部分を描画しなければ良い。これは、従来の座標変換機構をもたない拡張Zバッファにおいては実現できない。従来の方法で表示しようとする、いわば、表示画面上でマスキングを行うことになり、視点から見えている部分は、全て、表示されなくなる。すなわち、図12で穴を開けたことにより、円筒の裏面が見えるようになるが、従来の方法では、本来見えるはずの裏面も切り取られてしまう。

【0122】このように、拡張Zバッファアドレス生成機構をもつ本発明の拡張Zバッファにより、図形相互の位置的关系を考慮した表示が可能となる。

【0123】なお、拡張Zバッファアドレス生成機構で、描画画素と相対的に同一のアドレスを生成するようにDDA部73に対してパラメータを与えるか、フレームバッファのアドレスをそのまま拡張Zバッファアドレスとすれば、従来の拡張Zバッファを用いた表示も可能である。

【0124】なお、上記実施例では、描画画素に対応する拡張Zバッファアドレス、すなわち、拡張デバイス座標を算出するのに、まず、同次座標系、すなわち、拡張Zバッファ座標系上でスパンの両端の値から補間により同座標値を求め、画素毎のバースペクティブデバインド処理により実際の拡張Zバッファアドレスを求めている。ここで、多角形が充分小さい場合は、同次座標系を用い

て、補間をしなくとも、誤差は僅かであり、スパン両端の拡張Zバッファアドレスから線形に補間しても良い。ただし、多角形が大きく、上記誤差が限界以上になってしまう場合には、多角形を小さい多角形に分割する必要がある。

【0125】

【発明の効果】本発明により、比較的小規模なハードウェアで、影付けや形状の論理演算などの処理を施した表示を高速に行なうことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】影付き三次元図形表示手順を示すフローチャートの図。

【図2】影付き三次元図形表示手順を示すフローチャートの図。

【図3】レンダリングプロセッサのブロック図。

【図4】DDA部のブロック図。

【図5】輝度ブレンド部のブロック図。

【図6】拡張Z判定部のブロック図。

【図7】拡張Z値の比較モードを示す表を示す図。

【図8】拡張Z値判定モードを示す表を示す図。

【図9】拡張Zバッファ更新モードを示す表を示す図。

【図10】影付き表示方法の説明図。

【図11】条件成立値の一フィタリングの方法の説明図。

【図12】形状の論理演算表示の説明図。

【図13】システムの全体ブロック図。

【符号の説明】

1…CPU、2…主メモリ・システムバス制御、3…主メモリ、4…システムバス、5…グラフィックバス制御、6…グラフィックバス、7…レンダリングプロセッサ、8…フレームバッファ、9…Zバッファ、10…テクスチャバッファ、11…拡張Zバッファ、12…DAC、13…モニタ。

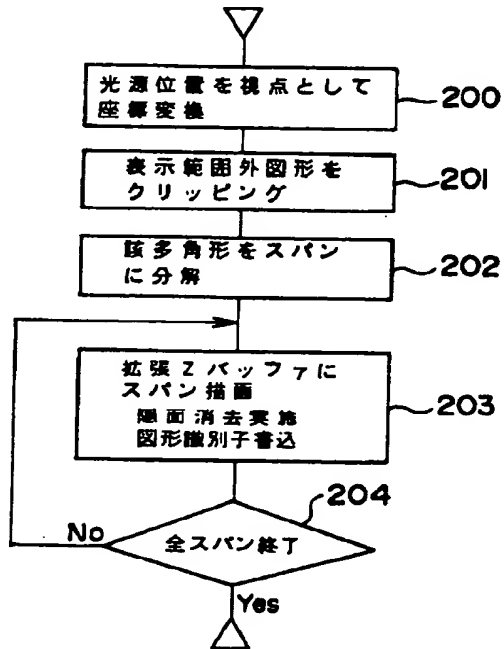
【図7】

表1 拡張Z値比較モード (図7)

比較モード	成立条件
AN	— (常に不成立)
LT	指定拡張Z値 < 拡張Zバッファの拡張Z値
LE	\leq
EQ	$=$
GE	\geq
GT	指定拡張Z値 > 拡張Zバッファの拡張Z値
AY	常に成立

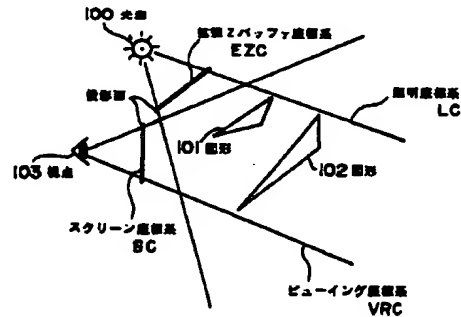
【図1】

影付き三次元表示手順バス1 (図1)



【図10】

影付き表示方法 (図10)



【図8】

表2 拡張Z値判定モード (図8)

判定モード	内 容
抑止モード	条件成立値により描画を抑止する
変調モード	条件成立値により描画輝度制御する

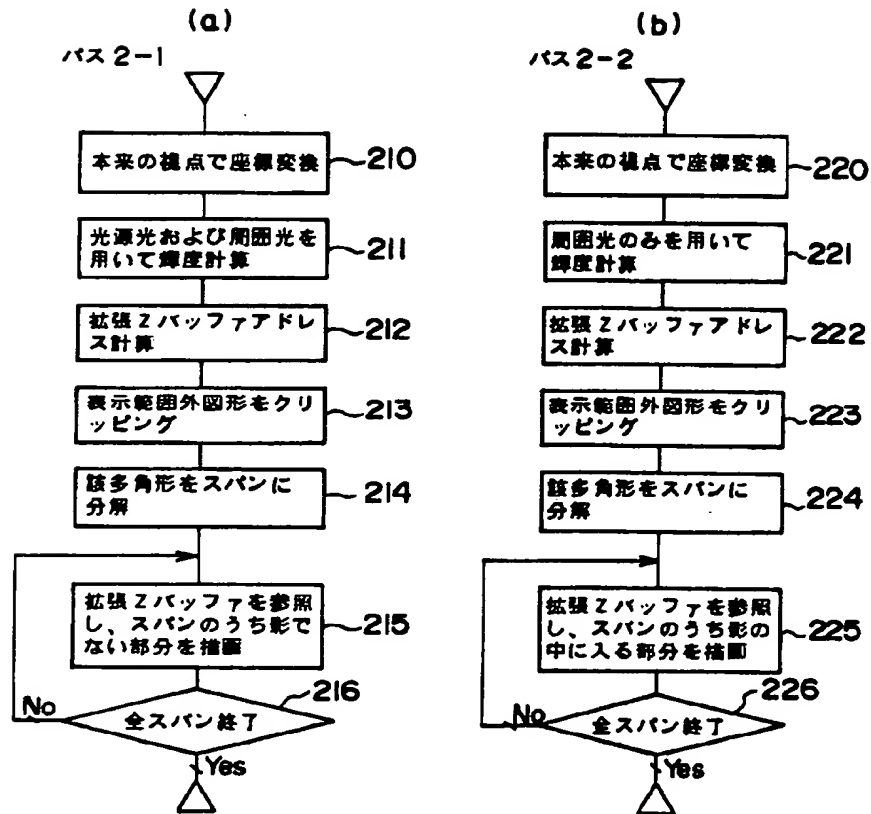
【図9】

表3 拡張Zバッファ更新モード (図9)

更新モード	内 容
keep	更新せず、そのままの値とする
clear	"0"クリアする
replace	指定拡張Z値を書込む
incr1	拡張Zバッファの値に"1"を加えた値を書込む
decr1	拡張Zバッファの値から"1"引いた値を書込む
invert	拡張Zバッファの値のビット反転した値を書込む

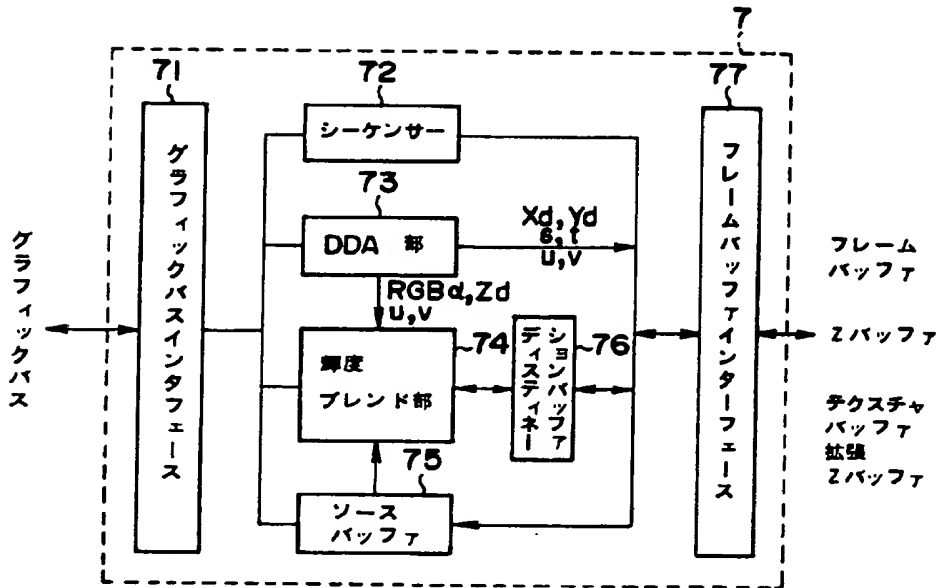
【図2】

影付き三次元図形表示手順（図2）



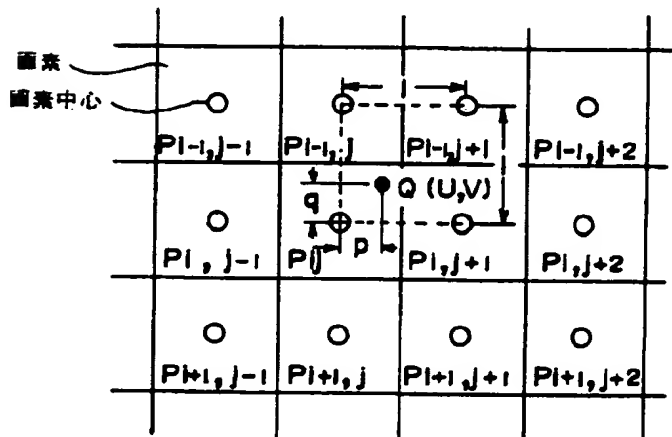
【図3】

レンダリングプロセッサブロック図 (図3)



【図11】

条件成立値のフィルタリング (図11)

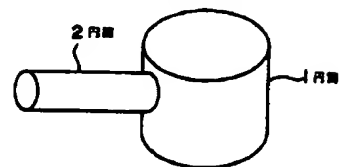


$$I = (1-P)(1-q)I_{i,j} + P(1-q)I_{i,j+1} + (1-P)qI_{i-1,j} + PqI_{i-1,j-1} \dots \text{式(9)}$$

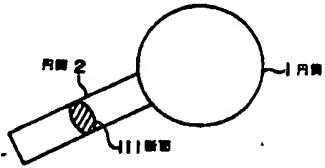
【図12】

形状の陰影表示 (図12)

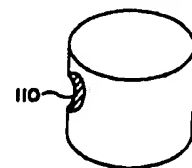
(a) 円筒を結合した図



(b) 上面図

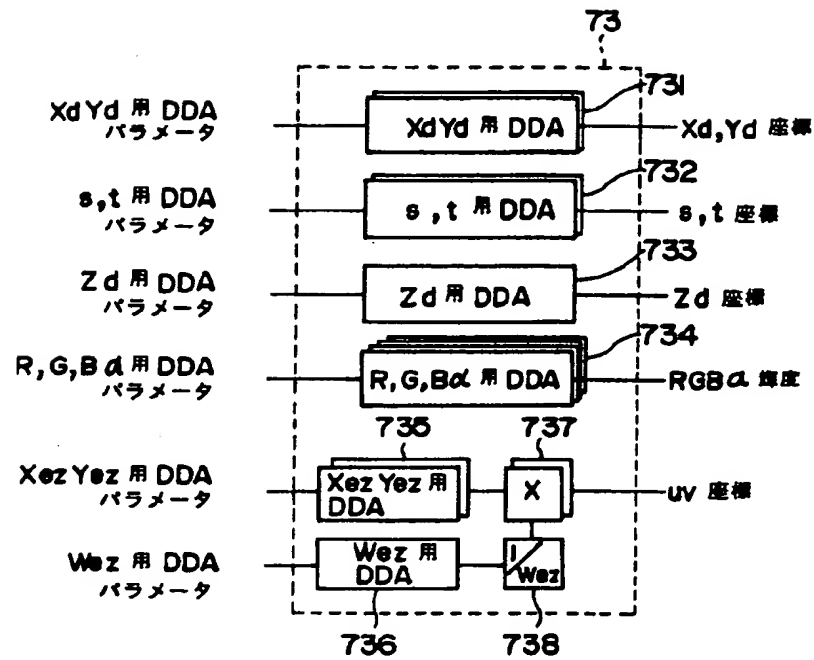


(c) 円筒1の形状陰影表示

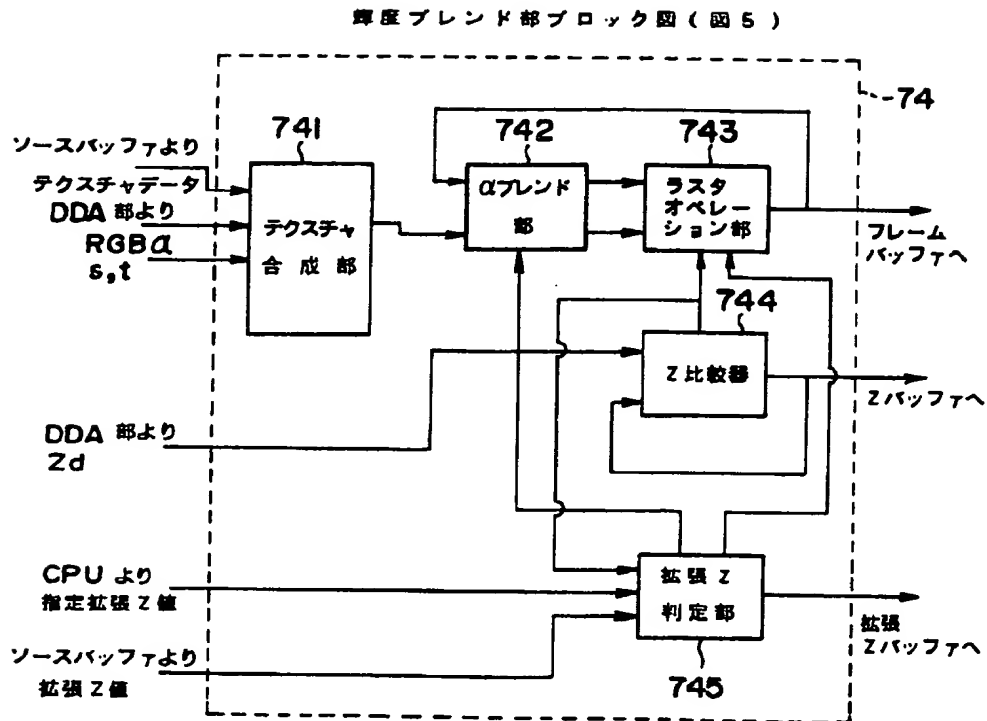


【図4】

DDA部ブロック図(図4)

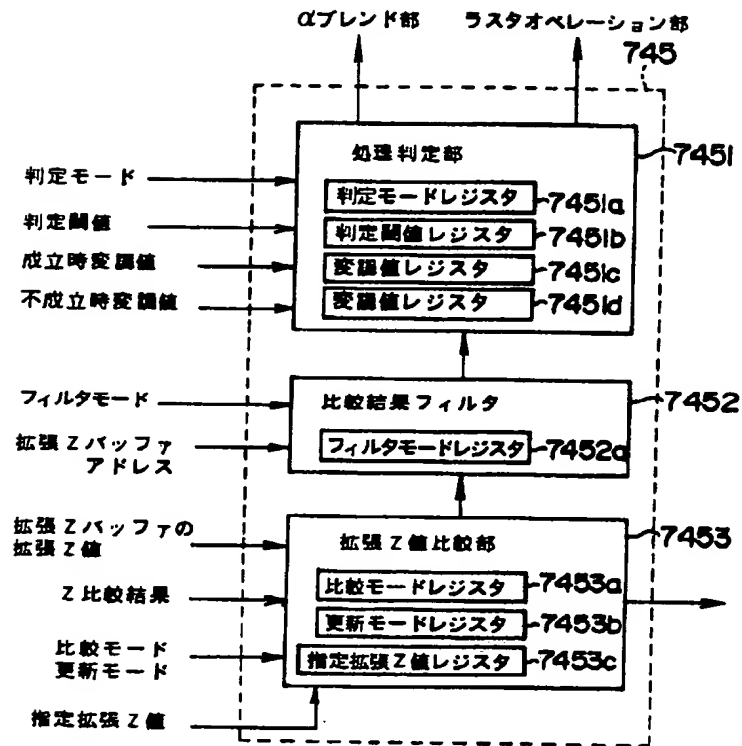


【図5】



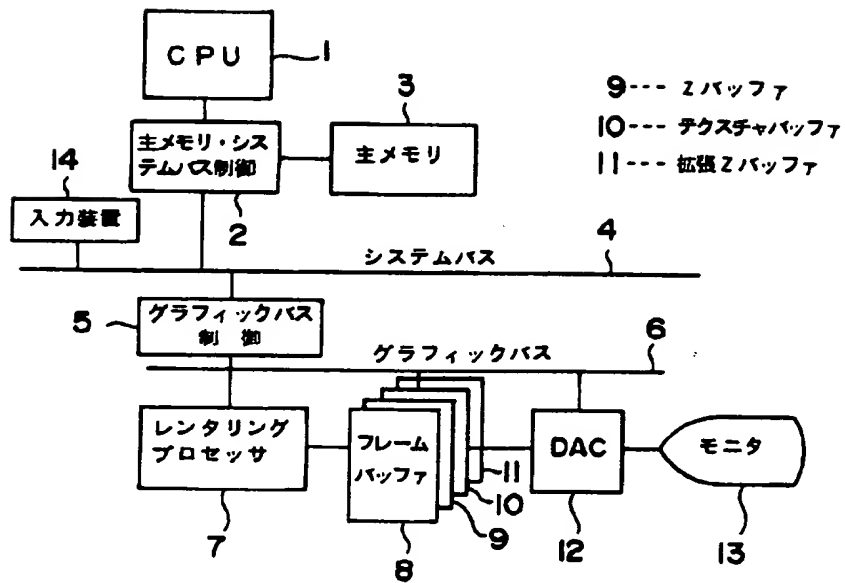
【図6】

拡張Z判定部ブロック図（図6）



【図13】

全体ブロック図（図13）



フロントページの続き

(72)発明者 桑名 利幸

茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株
式会社日立製作所大みか工場内